

# PARTICLE ANALYSIS METHOD UTILIZING LASER DOPPLER METHOD

(3)

Publication number: JP7174687

Publication date: 1995-07-14

Inventor: YOSHIZU FUMITSUGU

Applicant: ZEXEL CORP

Classification:

- International: G01B11/08; G01N15/14; G01N21/47; G01B11/08;  
G01N15/14; G01N21/47; (IPC1-7): G01N15/14;  
G01B11/08; G01N21/47

- European:

Application number: JP19930345040 19931220

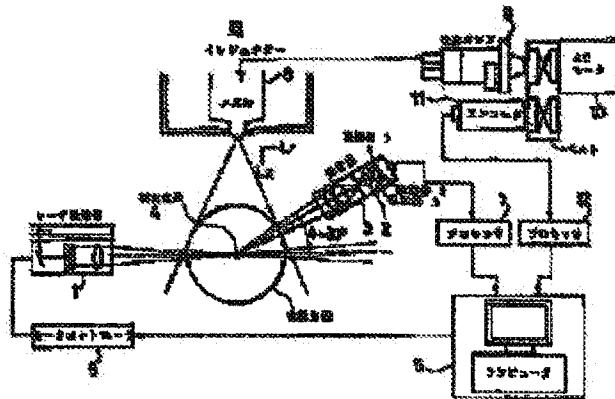
Priority number(s): JP19930345040 19931220

Report a data error here

## Abstract of JP7174687

**PURPOSE:** To achieve an accurate quantitative evaluation by obtaining particle information in reference to the cam angle of an injection pump from a Doppler burst signal and then synchronizing it with the injection characteristics of an injection pump.

**CONSTITUTION:** A laser transmitter 1 travels to a desired measurement space 4 in a position where two laser beams cross each other with the drive of a motor controller 6. A Doppler burst signal obtained by each detector of a receiver 3 is processed by a processor 7 and is input to a computer 5. Also, a liquid which is compressed by an injection pump 9 by the drive of an AC motor 10, is injected into an injection space including the space 4 via an injection nozzle 8. The cam angle information of a pump 9 is detected and processed 12 by a rotary encoder 11 and input to the computer 5 and then a processing in reference to the cam angle is performed according to the Doppler burst signal, thus acquiring particle information in synchronization with the injection rate characteristics of the pump 9 as well as particle information in reference to time and achieving an accurate quantitative evaluation.



特開平7-174687

(43)公開日 平成7年(1995)7月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 G 0 1 N 15/14  
 G 0 1 B 11/08  
 G 0 1 N 21/47

識別記号 庁内整理番号  
 P  
 Z  
 G  
 Z

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全12頁)

(21)出願番号 特願平5-345040  
 (22)出願日 平成5年(1993)12月20日  
 特許法第30条第1項適用申請有り 平成5年7月26日  
 社団法人日本エネルギー学会発行の「第20回液体の微粒化に関する講演会 講演論文集(1993)」に発表

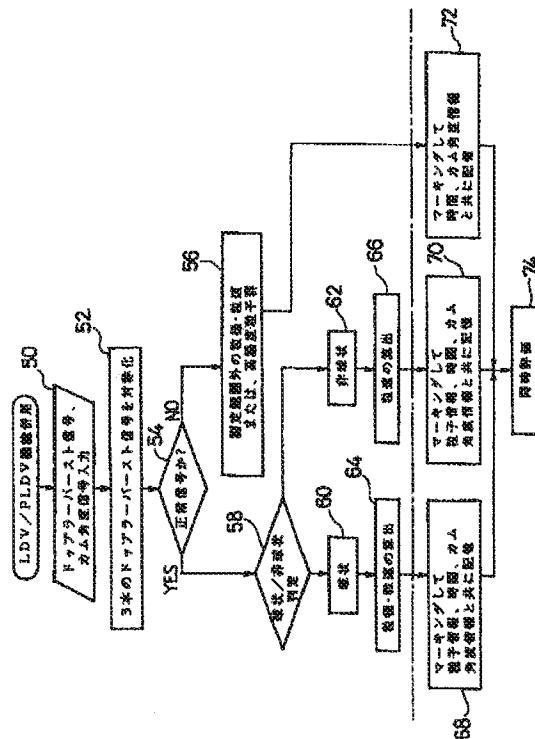
(71)出願人 000003333  
 株式会社ゼクセル  
 東京都渋谷区渋谷3丁目6番7号  
 (72)発明者 吉津 文嗣  
 埼玉県東松山市箭弓町3丁目13番26号 株式会社ゼクセル東松山工場内  
 (74)代理人 弁理士 大貫 和保

(54)【発明の名称】 レーザドップラー法を利用した粒子分析方法

## (57)【要約】

【目的】 高速、高濃度で飛行し、かつ極短時間で微粒化が進む局所噴霧についてより改善した粒子情報を提供し、より的確に定量的な評価が行えるレーザドップラー法を利用した粒子分析方法を提供する。

【構成】 レーザドップラー法を利用した位相式粒子分析装置で得られるドップラーバースト信号を噴射ポンプのカム角度を基準に処理できるようにする。また、LDV法とPLDV法の機能を同一被測定粒子に選択適用し、被測定粒子を球状、非球状、それ以外に識別し、球状であれば粒径と粒速を算出し、非球状であれば粒速を算出する。さらには、被測定粒子を識別した上でマーキングし、その被測定粒子に対応する情報と共に記憶する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 噴射ポンプから噴射ノズルを介して噴霧された液体粒子が通過する測定空間でレーザ光を交差させ、前記測定空間を前記液体粒子が通過する際に生じるドップラーバースト信号を受信し、この受信された信号から時間を基準とする粒子情報を得るようにしたレーザドップラ法を利用した粒子分析方法において、前記噴射ポンプのカム角度に対応した信号を検出し、前記受信されたドップラーバースト信号から前記噴射ポンプのカム角度を基準とする粒子情報を得ることができるようにしたことを特徴とするレーザドップラ法を利用した粒子分析方法。

【請求項2】 被測定粒子が通過する測定空間でレーザ光を交差させ、前記測定空間内を通過する同一粒子から生じるドップラーバースト信号を少なくとも3つの検知器によって受信し、この受信されたドップラーバースト信号が所定パターンを有するか否かを判定すると共に、前記所定パターンを有していると判定された場合に前記被測定粒子の粒径が測定可能か否かを判定し、前記粒径が測定可能である場合は前記被測定粒子を球状と判別して粒径と粒速を算出し、前記粒径が測定可能でない場合は前記被測定粒子を非球状と判別して粒速のみを算出し、前記ドップラーバースト信号が前記所定パターンを有していない場合は前記被測定粒子を球状、非球状以外の状態であると判別するレーザドップラ法を利用した粒子分析方法。

【請求項3】 球状、非球状、それ以外の状態に識別された被測定粒子にマーキングを施し、前記被測定粒子に対応した情報と共に記憶する請求項2記載のレーザドップラ法を利用した粒子分析方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、ディーゼル噴霧のような高速、高密度で移動する粒子を測定するため等に用いられ、流体の微粒化現象を把握するために利用されるレーザドップラ法を利用した粒子分析方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 例えば、ディーゼルエンジンの噴射、噴霧特性と燃焼との相関に関する定量的研究を可能にするには、噴射の時間的特性と、形成された噴霧の時・空間的特性との関係を明らかにする必要がある。特に、液体の分裂過程に有する時間が長く、低濃度の粒子群に関する微粒化現象については、これまでの研究から徐々に解明されてきているが、ディーゼル噴霧のように、高速、高濃度で飛行し、かつ極短時間で微粒化が進む現象については、未だ充分に測定できる手段がないのが現状である。

【0003】 従来、このようなディーゼル噴霧の時・空間的特性を実時間で評価するために、通常のレーザドップラ流速計(LDV)を改良した位相レーザドップラ

一流速計(P LD V)を用いて、噴霧流特性を定量的に把握する手法が開発されている(W.D.BACHALO and M.J. Houser; "Phase/Doppler spray analyzer for simultaneous measurements of drop size and velocity distributions", OPTICAL ENGINEERING, Vol.23, No.5, (1984), p.583-590)。これは、LDV法に用いられる光学系のレシーバ内に複数の光電子倍増管を設け、従来のドップラーバースト信号の周期と、球形率によって異なる位相差を同時解析することで噴霧粒子の速度と粒径とを同時に測定することができるようにしたものである。

【0004】 より詳しく説明すると、PLDVは、図7に示されるように、測定空間4内で交差する2本のレーザ光を発信するレーザ発信器1と、測定空間に臨むよう配置された受信器3とを有し、受信器3内に所定間隔で例えば3個の検知器(検知器1、検知器2、検知器3)が設けられている。測定空間4内では、2本のレーザ光が交差して図8に示す干渉縞を生じている。この中を粒子が通過すると、交差するレーザ光が粒子にあたって散乱し、3個の検知器は、図9で示すように、干渉縞がドップラーチ周波数で通り過ぎるときに発生する同一のシグナル(ドップラーバースト信号)を検知する。粒子の速度は、このドップラーバースト信号の周期と検知器の位置関係から算出される。

【0005】 また、各検知器で検知されたドップラーバースト信号は、干渉縞の間隔に比例した位相のズレを有しており、検知器1と検知器2で検知されたドップラーバースト信号の位相のズレ $\phi_{1-2}$ と、検知器1と検知器3で検知されたドップラーバースト信号の位相のズレ $\phi_{1-3}$ は、式1によって求められる。

## 【0006】

$$[\text{式1}] \phi_{1-2(1-3)} = T_{1-2(1-3)} / TD \times 360^\circ$$

【0007】 ここで、 $T_{1-2(1-3)}$ は、検知器1と2(検出器1と3)の信号の零クロス点間の時間であり、TDは、ドップラーハイドロゲン時間である。この位相のズレと粒径は、図10に示すような相関関係にあることから、粒径はこの相関関係から直接算出される。

【0008】 このような手法を用いて局部の粒径と粒速とを測定する装置としては、AEROMETRICS社製の粒子解析装置(PDPA-100: 分解能20MHz、データレート120KHz)が公知となっている。また、最近においては、データレートを100倍近くまで改善したものもある。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の粒子解析装置は、データレートが改善されてきているとはいえ、ディーゼル噴霧のように高速で飛行し、極短時間で微粒化が進む現象については、一回の噴霧を完全に補足することができなかった。特に、噴射率等の噴射特性と同期したデータを収集することができなかったので、ディーゼル噴霧を解析することは極めて困難であつ

た。また、PLDV法による粒子解析では、その原理上、①分裂したばかりの非球状粒子は評価できない、②粒径、粒速、及び粒子濃度の測定範囲が選択した光学系の条件によって制限される等の制約があり、測定空間を通過する全ての粒子の性状を検知することは不可能であった。

【0010】非球状粒子まで評価するためには、図7で示す装置を粒径と粒速を測定するPLDVとして用い、その後に、これと同一条件で噴射した噴霧に対して図7で示す装置を粒速のみを測定するLDVとして用い、使い分けることも考えられる。

【0011】PLDV法とLDV法による被測定粒子の測定手法をそれぞれ概説すると、図11に示されるように、PLDV法では、3本のドップラーバースト信号を図9のように対称化し（ステップ80）、対称化された信号が正負交互に変化する正常パターンであるか否かを判定する（ステップ81）。正常信号でない場合には、測定情報を削除し（ステップ82）、正常信号であれば、次に被測定粒子が球形であるか非球形であるかを判定する（ステップ83）。この判定は、図10に基づいて、 $\phi_{1,2}$ から得られる粒径と $\phi_{1,3}$ から得られる粒径とが所定範囲で一致するか否かによって行われ、一致すれば球状であると判別して粒径と粒速を算出し（ステップ84）、所定範囲で一致しなければ測定情報を削除する（ステップ85）。

【0012】これに対して、LDV法では、3つの検出器のいずれか1つから得られる1本のドップラーバースト信号を対称化し（ステップ90）、対称化された信号が正負交互に変化する正常パターンであるか否かを判定する（ステップ91）。正常信号でない場合には、測定情報を削除し（ステップ92）、正常信号であれば、被測定粒子が測定可能範囲内の球状または非球状粒子であると認識して粒速のみを算出する。

【0013】しかしながら、従来においては、PLDV法とLDV法による処理を時間的にずらして別々に行なうようにしていたので、同一粒子に対してPLDV機能とLDV機能に基づく信号処理機能を選択的に適用できず、1つの粒子に対して粒子性状を判別した上でその粒子が非球状粒子であれば速度情報を、球状粒子であれば速度と粒径情報を得るといった処理ができなかった。

【0014】そこで、この発明においては、上記問題点に鑑み、高速、高濃度で飛行し、かつ極短時間で微粒化が進む局所噴霧についてより改善した粒子情報を提供し、より的確に定量的な評価が行えるレーザドップラ法を利用した粒子分析方法を提供することを課題としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】しかして、レーザドップラ法を利用した粒子分析方法の要旨とするとところは、噴射ポンプから噴射ノズルを介して噴霧された液体粒子

が通過する測定空間でレーザ光を交差させ、前記測定空間を粒子が通過する際に生じるドップラーバースト信号を受信し、この受信された信号から時間を基準とする粒子情報を得るようにしたレーザドップラ法を利用した粒子分析方法において、前記噴射ポンプのカム角度に対応した信号を検出し、前記受信されたドップラーバースト信号から前記噴射ポンプのカム角度を基準とする粒子情報を得ることができるようにしたことがある（請求項1）。

【0016】このような粒子分析方法を用いた装置としては、流体を噴射する噴射ポンプと、前記噴射ポンプから噴射された流体が通過する所定空間内で交差するようレーザ光を発信するレーザ発信器と、前記所定空間から生じるドップラーバースト信号を受信する受信器と、前期噴射ポンプのカム角度に対応した信号を検出する検出器と、前記受信器からの信号を時間を基準として処理する第1処理手段と、前記受信器からの信号を前記噴射ポンプのカム角度を基準として処理する第2処理手段とを有するものが考えられる。

【0017】また、LDV法とPLDV法の機能を同一被測定粒子に選択適用するために、被測定粒子が通過する測定空間でレーザ光を交差させ、前記測定空間内を通過する同一粒子から生じるドップラーバースト信号を少なくとも3つの検出器によって受信し、この受信されたドップラーバースト信号が所定パターンを有するか否かを判定すると共に、前記所定パターンを有していると判定された場合に前記被測定粒子の粒径が測定可能か否かを判定し、前記粒径が測定可能である場合は前記被測定粒子を球状と判別して粒径と粒速を算出し、前記粒径が測定可能でない場合は前記被測定粒子を非球状と判別して粒速のみを算出し、前記ドップラーバースト信号が前記所定パターンを有していない場合は前記被測定粒子を球状、非球状以外の状態であると判別するようとしてもよい（請求項2）。この場合に、球状、非球状、それ以外の状態に識別された被測定粒子にマーキングを施し、前記被測定粒子に対応した情報と共に記憶するのが望ましい（請求項3）。

【0018】

【作用】したがって、請求項1記載の発明によれば、受信されたドップラーバースト信号から時間を基準とする粒子情報を噴射ポンプのカム角度を基準とする粒子情報を得ることができるようにしたので、図3（a）の従来の時間のみを基準とする粒子情報を加え、図3（b）で示す噴射率特性に同期した時系列での粒子情報（図3（c））が得られる。特にディーゼル噴霧のように、高速で飛行し極短時間で微粒化が進む間欠噴霧については、噴射率等の噴射特性と同期させることで始めて微粒化の過程を把握することができる。

【0019】また、請求項2記載の発明によれば、球状、非球状、それ以外（測定範囲外の粒子径や粒子速

度、または液柱や半液状粒子群等の高密度粒子群)の3つの粒子状態のいずれであるのかを同一粒子に対して判別するので、PLDV法とLDV法に基づく測定を噴射条件と同じにして別々に行う必要がなくなる。従来のように別々に測定した場合には、図12に示されるように、LDV法に基づく測定結果(b)とPLDV法に基づく測定結果(c)とを重ね合わせて(d)の結果を得るようにしていったが、周期的に噴射を繰り返す噴射ポンプにおいては、噴射の都度、全く同じ噴霧状態が形成されるわけではないので、PLDV法とLDV法に基づく測定データを照会させても完全にオーバーラップさせることができないことになる。これに対して、本発明によれば、同一粒子に対してPLDV機能とLDV機能を選択適用できるようにしたので、照会する作業も不要となり、(d)に相当する結果を直接引き出すことができ、不的確な評価を無くすことができる。

【0020】更に、請求項3記載の発明によれば、ある粒子が上記3つの状態のいずれであるのかを判別した後に、それぞれにマーキングを施し、被測定粒子に対応した情報と共に記憶するようにしたので、例えば、マーキング情報を被測定粒子の粒子情報等と共に表示させることで、各粒子状態の分布を知ることができ、微粒化の過程をより的確に把握することができる。

#### 【0021】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面により説明する。

【0022】図1に米国AEROMETRICS社製の位相レーザドッپラー法を利用した位相式ドッپラー粒子分析器(PDPA-100)の改良したものが示され、この粒子分析器は、2つのレーザ光を発信するレーザ発信器1と、所定の間隔で並設された3つの検知器(検知器1、検知器2、検知器3)2を内部に備えた受信機3とが測定空間4に臨むように配置され、受信機3は、レーザ発信器1の軸心延長線上から測定空間4を中心に例えば30°回転した位置に固定されている。レー

ザ発信器1は、コンピュータ5からの制御信号に基づきモータコントローラ6によって駆動制御され、2つのレーザ光の交差する位置を所望の測定空間4に移動できるようになっている。また、受信機3の各検知器で得られた信号は、プロセッサ7によって処理され、コンピュータ5へ入力されるようになっている。

【0023】噴射ポンプ9で圧縮された液体は、噴射ノズル8を介して測定空間4を含む噴霧空間に噴射されるようになっている。この噴射ポンプ9は、例えばACモータ10によって駆動され、噴射ポンプ9のカム角度情報は、ロータリエンコーダ11で検出され、プロセッサ12によって処理された後にコンピュータ5へ入力されるようになっている。

【0024】ここで、粒子分析器(PDPA-100)による分解能は20MHz、データレートは120KHzであり、ロータリエンコーダ11の分解能は2000回転/minまで0.1°/pulseを保証している。

【0025】尚、この実施例においては、表1で示す仕様のBOSCH-VE形噴射ポンプ9と、バイロットインゼクタ13を組み合わせ、さらにノズル8としてDL-LA-P形が用いられている。VE形噴射ポンプは、それ自体公知のもので説明を省略するが、バイロットインゼクタ13は、図2(a)に示されるように、ノズルスプリング14を介してノズル8と対向する位置に面カット付きのドッジプランジャー15を設け、このドッジプランジャー15にかける圧力を調整することでバイロット噴射を可能とし、バイロット噴射時よりメイン噴射時の開弁圧を高めるようにしたものである。図中16は燃料導入路であり、17は燃料をリークさせる通路である。また、ノズル8は、図2(b)に示されるように、10°の傾き角を有し、表2に示す5つの噴孔(直径0.25mm)を持つ実用の非軸対称ノズルである。

#### 【0026】

【表1】

噴射ポンプ仕様	
Plunger diameter	12 mm
Max. cam velocity (at 1000r/min)	1.35 m/s
Delivery valve	CPV( $\phi 0.8$ mm, $P_0=6$ MPa)
インジェクタ仕様	
Fuel pathway diameter	$\phi 2.0 \sim \phi 1.2$ mm
Fuel pathway length	41.0 ~ 75.0 mm
Spring coefficient	129.4 N/mm
Nozzle opening pressure	18.5 MPa

【0027】

【表2】

n	$\beta^\circ$	$\theta^\circ$
1	68° 04'	32° 16'
2	75° 27'	103° 44'
3	81° 45'	-175° 52'
4	76° 06'	- 97° 48'
5	68° 55'	- 33° 52'

【0028】以上のお実験装置において、カム角度情報を考慮しない場合には、従来と同様の時間のみを基準としたデータ処理を行うことで経過時間内の粒子情報の取得が可能であり、カム角度情報を基準にしてデータ処理を行うことで噴射ポンプの回転に同期した、即ち噴射率特性に同期した粒子情報の取得が可能となる。測定空間4を噴射ノズル先端から軸方向の距離 $L_x$ が50mm、径方向の距離 $L_r$ が0mmの位置に設定し、時間を基準にした粒子径情報と、カム角度を基準にした粒子径情報とを比較すると、従来の時間基準による粒子径情報によれば、図3(a)に示されるように、データレートが低いために一回の噴霧を細かく補足することができなかつたが、カム角度基準で処理した粒子径情報(図3(c))は、図3(b)で示す噴射率( $dQ/d\theta$ )特性に同期した粒子径情報が得られ、バイロット噴射とメイン噴射の初期において、球状粒子が形成されていないこと(非球状粒子または測定範囲を越えた過大粒子が存在すること)が確認された。

【0029】尚、図中、 $N_p$ はポンプ回転数、 $Q$ は噴射量、 $D_{DPS}$ はドッジプランジャーのシート径、 $L_{DPL}$ はドッジプランジャーの最大リフト量を表している。

【0030】このような局所空間の粒子径情報をカム角度に同期させて得ることで、種々の噴霧解析に応用することができ、例えば、ドッジプランジャーのシート径 $D$

$D_{DPS}$ を交換してバイロット噴射量を変更した3仕様のバイロットインゼクタ(Ip-1, 2, 3)を使用して噴霧の局所粒子特性の測定すると、図4に示すような特性が得られる。これは、(a)に示す噴射率に対し、20回の噴射で得られた測定粒子をカム角度を基準として同時表示した粒子径( $D_1$ )分布を示すもので、(b)～(f)は、測定空間4の位置を変化させたものである。この実験データから、噴霧群間の追い越し効果が大きいIp-3ほどメイン噴霧から一定時間までに粗大粒子の分布が集中する傾向があり、メイン噴霧群がバイロット噴霧群を追い越す際に粒子間の合体が盛んであることが伺える。この現象は、特に噴射ノズル出口近傍((b),(e))で顕著であることも判る。

【0031】また、噴射ノズル8から近い距離( $L_x = 25$ mm)において、噴霧中心から外周に至る局所噴霧の $D_{12}$ ( $\sqrt{D_{11}^2 + D_{12}^2}$ )分布を測定すると、図5のようになる。この結果から、メイン噴霧のネットレーションを強めたIp-3仕様になるほど、粒子径が平滑化され微粒化していくことが判る。実際に、Ip-3仕様の噴霧状態では良好な燃焼状態が得られることからも、定量的に燃焼と噴霧状態との関係を評価することが可能となる。

【0032】このように、時間基準の従来の粒子情報をカム角度情報を付加することによって、噴射特性と噴霧特性、更には燃焼特性等の関係を定量的に把握することができる。

【0033】上記図1の測定装置を用いて、粒子性状を識別するコンピュータ5の処理例が図6にフローチャートとして示され、以下これについて説明すると、コンピュータ5は、先ず、3つの検知器(検知器1、検知器2、検知器3)で検知されたドップラーバースト信号と、ロータリエンコーダ11によって検出されたカム角度信号を入力し(ステップ50)、3本のドップラーバースト信号を対称化して図9で示す波形信号を形成する(ステップ52)。

【0034】次に、対称化されたドップラーバースト信号が正常であるか否かを判定する(ステップ54)。この判定処理は、いずれか1つのドップラーバースト信号を用いればよく、対称化されたドップラーバースト信号がほぼ一定した周期で極性反転しているか否かによって正常の有無を決定する。測定許容範囲を越えた粒子等が通過する場合には、極性反転の周期が乱れたりするので、その場合には異常(NO)と判定する。つまり、このステップでは、測定可能な球状粒子や非球状粒子と、それ以外の粒子とを識別する処理が行われるもので、異常であると判定されたものは、測定範囲外の粒径、粒速、または液柱等の高濃度粒子群であると判別される(ステップ56)。

【0035】ステップ54で正常であると判定された場合は、被測定粒子が球状または非球状であるので、これらのいずれであるかを次に判定する(ステップ58)。この判定処理は、前述したように、3本のドップラーバースト信号から検知器1と検知器2で検知されたドップラーバースト信号の位相のズレ $\phi_{1,2}$ と、検知器1と検知器3で検知されたドップラーバースト信号の位相のズレ $\phi_{1,3}$ を式1によって求め、図10に示す相関関係から $\phi_{1,2}$ で得られた粒径と $\phi_{1,3}$ で得られた粒径とを比較し、所定範囲で一致すれば球状と判別し(ステップ60)、それ以外であれば非球状と判別する(ステップ62)。

【0036】そして、球状と判別されたものは、PLDV機能としての処理を施し、粒径と粒速を算出する(ステップ64)。また、非球状と判別されたものは、LDV機能としての処理を施し、粒速だけを算出する(ステップ66)。

【0037】以上までの処理は、被測定粒子を、①非球状粒子、②球状粒子、③それ以外の状態に分類する処理であり、以下においては、これを評価するための処理が行われる。即ち、球状と判別した被測定粒子に対しては、球状であることを識別するためのマーキングを施し(例えば、●を対応させ)、この情報を前記ステップ64で得られた粒径と粒速の粒子情報や、時間、カム角度情報と共に記憶し(ステップ68)、非球状と判別した被測定粒子に対しては、非球状であることを識別するためのマーキングを施し(例えば、○を対応させ)、これを前記ステップ66で得られた粒速の粒子情報、時間、カム角度情報と共に記憶する(ステップ70)。また、測定範囲外の粒径、粒速、または液柱等の高濃度粒子群であると判別され被測定粒子に対しては、これを識別するためのマーキングを施し(例えば、／を対応させ)、この情報を時間、カム角度情報と共に記憶する(ステップ72)。

【0038】その後、ステップ68、70、72で記憶された情報を同時にディスプレイ等に表示させる等して同時評価する(ステップ74)。

【0039】以上の処理から非測定粒子がどのような粒子状態にあっても、一回の測定でその状態を識別し、その粒子状態に対応した情報が得られるので、多数回の噴射で得られた測定結果をカム角度を基準として同時表示すれば、図12(d)に相当する粒速分布と、図12(e)で示される粒径(D1)分布とが直接得られる。【0040】このような処理が可能となったことにより、粒子の3領域(球状、非球状、それ以外)の割合を図12(a)の噴射率特性やスモーク等に関連する燃焼特性との関係で同時系列で評価することができ、液体噴流の微粒化過程または状態を定量的に評価することができる。

【0041】尚、上記処理では、同一粒子についてPLDV機能とLDV機能の処理をドップラーバースト信号により適宜選択することを特徴とするため、同一のフリンジ設定条件(フリンジ数、フリンジ間隔等)による計測となる。従って、図12(d)に相当する情報を得ようとすると、本実験に使用した光学系のフリンジ間隔、装置の分解能等の制約により、およそ80m/s以下の粒子情報しか得られない。これは、装置の分解能は20MHzで一定であり、図12(b)は速度の測定範囲を大きくするためにフリンジ間隔を大きくした場合(レーザ光の交差角を狭くした場合)の粒子情報であるのに対し、図12(c)は小さな粒子まで測定可能とするためにフリンジの間隔を狭くした場合の粒子情報であるため、これら情報を別々に重ね合わせれば図12(d)のようになるが、同時系列でPLDV機能とLDV機能の処理を選択できるようにするために、フリンジの設定条件は一条件でなくてはならないからである。しかし、この問題は、装置の分解能を高めることで容易に解決できる。例えば、装置の分解能を2倍の40MHzにすることで、最大速度は80m/sから2倍の160m/sまで測定可能となる。このように、市販のプロセッサを使用して分解能を本実験装置の2倍以上に高めることは容易である。

【0042】【発明の効果】以上述べたように、請求項1記載の発明によれば、ドップラーバースト信号から時間を基準とする粒子情報と噴射ポンプのカム角度を基準とする粒子情報を得るようにしたので、粒子情報を噴射ポンプの噴射率等の噴射特性と同期させることができ、的確に定量的な評価が行える。

【0043】また、請求項2記載の発明によれば、同一粒子に対してPLDV機能に基づく粒子情報とLDV機能に基づく粒子情報を選択的に得ることができるようにし、その粒子が球状、非球状、それ以外のいずれの粒子パターンであるのかを判別できると共に、各々の粒子に対して粒子情報を的確に得ることができる。つまり、その粒子が非球状粒子であれば速度情報を、球状粒子であれば速度と粒径情報を得ることができる。

【0044】更に、請求項3記載の発明によれば、被検出粒子が3つの粒子性状のいずれであるかを判別した後に、それぞれにマーキングを施して、被測定粒子に対応した情報と共に記憶するようにしたので、マーキング情報と粒子情報等に基づいて表示処理を行えば、各粒子性状の分布が判る等、局所噴霧についてより明確な情報を得ることができ、的確に定量的な評価を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザドップラー法を利用した粒子分析方法を用いる粒子分析装置を示す概略構成図である。

【図2】図2(a)は、図1に示す粒子分析装置に用いるインジェクタの一例を示し、図2(b)は、インジェクタに取り付けられるノズルの一例を示す図である。

【図3】図3は、図1の装置で得られた結果を示すもので、(a)は時間を基準にしてデータ処理した結果を示し、(b)は噴射率特性を示し、(c)はカム角度を基準にしてデータ処理した結果を示す。

【図4】図4は、ドッジプランジャーのシート径を変化させた3つのタイプのインゼクタ(IP-1、IP-2、IP-3)を用いて得られる噴射率と同期した粒径分布を示す図であり、(a)は噴射率特性を示す線図、

(b)は測定空間が $L_x = 25\text{ mm}$ 、 $L_r = 2.5\text{ mm}$ のときの粒径分布を示し、(c)は測定空間が $L_x = 2.5\text{ mm}$ 、 $L_r = 7.5\text{ mm}$ のときの粒径分布を示し、

(d)は測定空間が $L_x = 25\text{ mm}$ 、 $L_r = 12.5\text{ m}$ のときの粒径分布を示し、(e)は測定空間が $L_x = 50\text{ mm}$ 、 $L_r = 2.5\text{ mm}$ のときの粒径分布を示し、

(f)は測定空間が $L_x = 75\text{ mm}$ 、 $L_r = 2.5\text{ mm}$ のときの粒径分布を示す。

【図5】図5は、ドッジプランジャーのシート径を変化させた3つのタイプのインゼクタ(IP-1、IP-2、\*

\*IP-3)に対し、測定空間を $L_x = 25\text{ mm}$ 、 $L_r$ を噴霧中心からノズルの径方向にずらして得られた $D_{10}$ 分布を示す。

【図6】図6は、請求項2と請求項3の発明に係る粒子分析方法例を示すフローチャートである。

【図7】図7は、位相式レーザドップラー流速計(PLDV)の基本構成を示す説明図である。

【図8】図8は、図7に示す位相式レーザドップラー流速計(PLDV)を用いて被測定粒子を補足した時に得られる干渉縞を示す。

【図9】図9は、図7に示す3つの検知器で得られたドップラーバースト信号を対称化した信号を示す。

【図10】図10は、位相のずれと粒径との相関関係を示す線図である。

【図11】図11は、従来のPLDV法とLDV法を説明するフローチャートである。

【図12】図12(a)は噴射率特性を示し、(b)はLDV機能に基づいて得られた粒速分布を示し、(c)はPLDV機能に基づいて得られた粒速分布を示し、

(d)は(b)と(c)を合成した図を示し、(e)はPLDV機能に基づいて得られた粒径分布を示す。

【符号の説明】

1 レーザ発信器

2 検知器

3 受信器

4 測定空間

5 コンピュータ

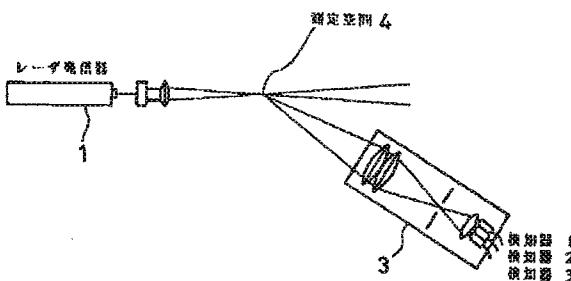
8 ノズル

9 噴射ポンプ

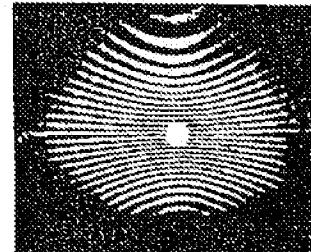
30 11 ロータリエンコーダ

7, 12 プロセッサ

【図7】

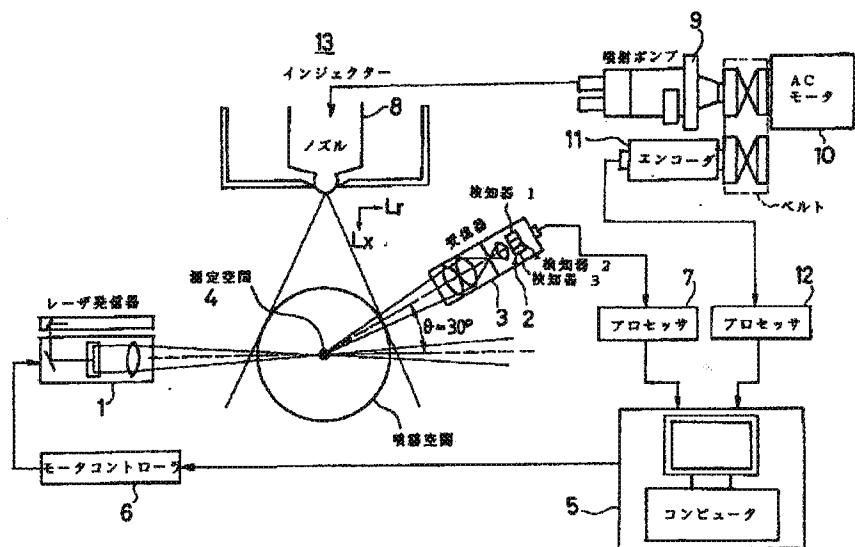


【図8】

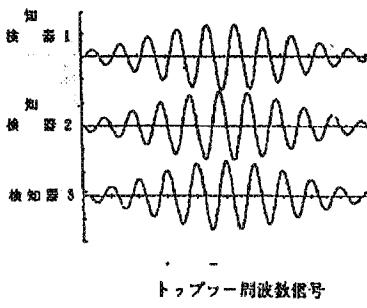


干涉縞パターン

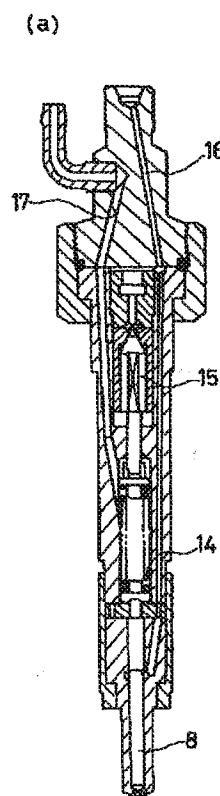
【図1】



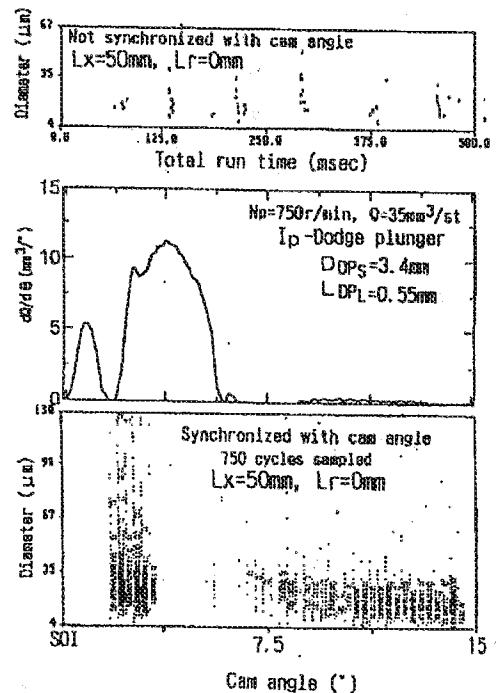
【図9】



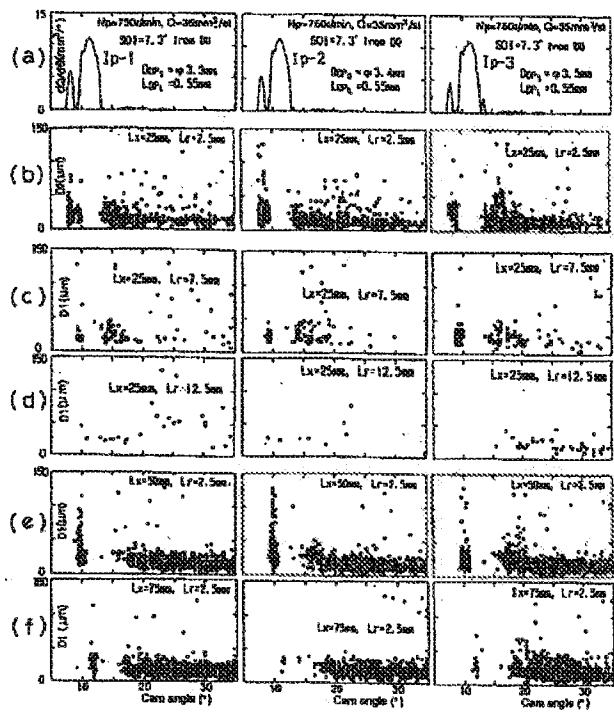
【図2】



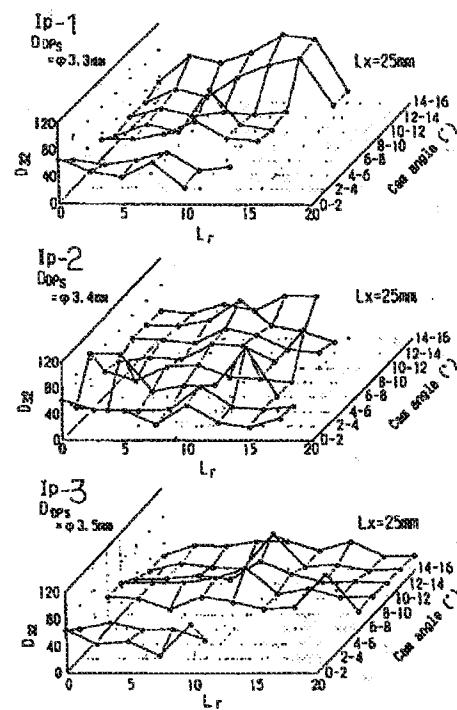
【図3】



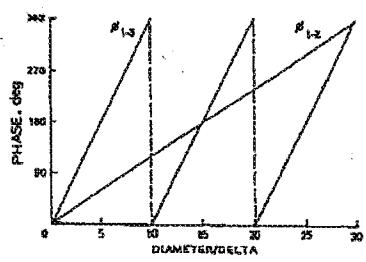
【図4】



【図5】

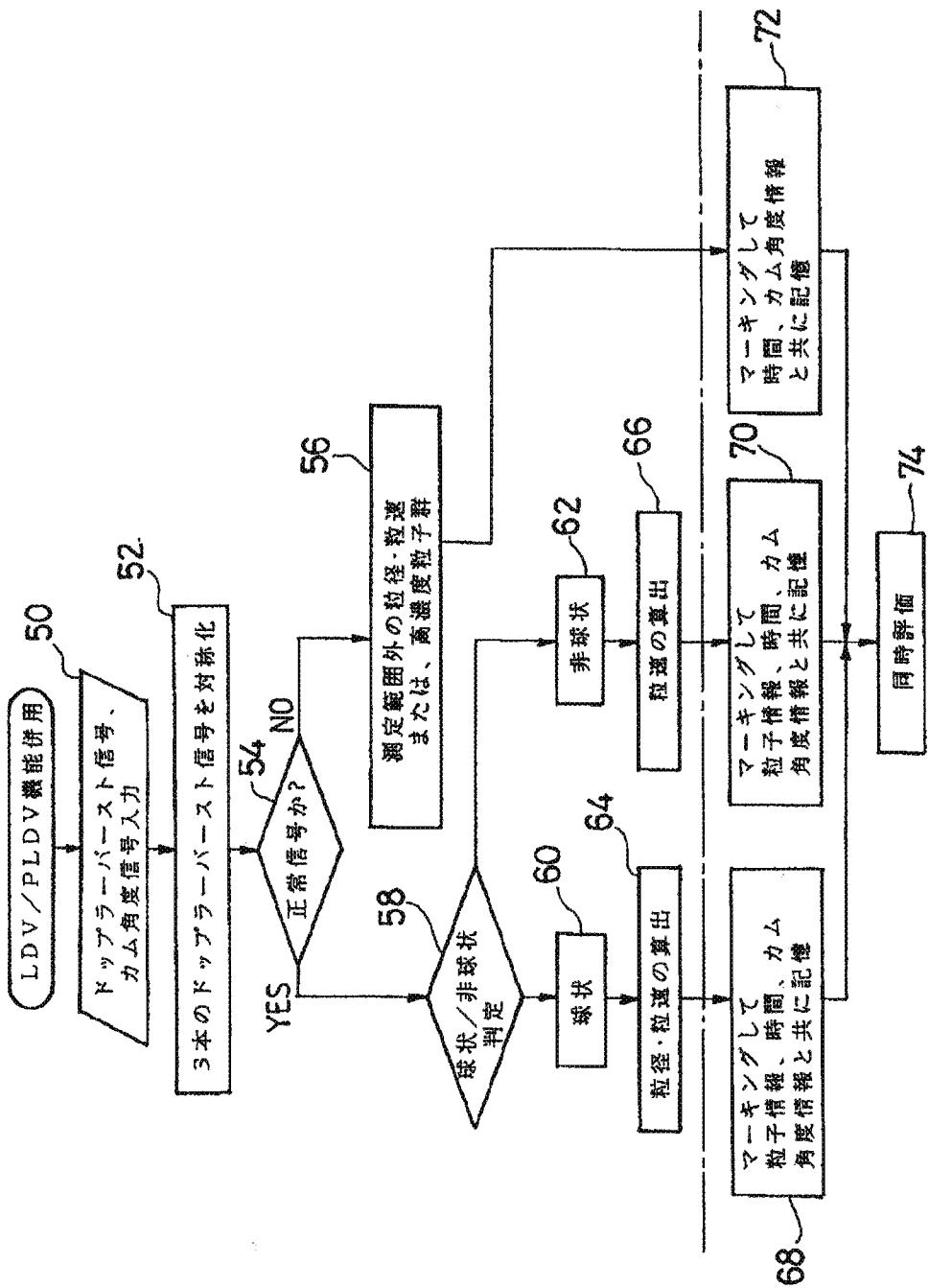


【図10】

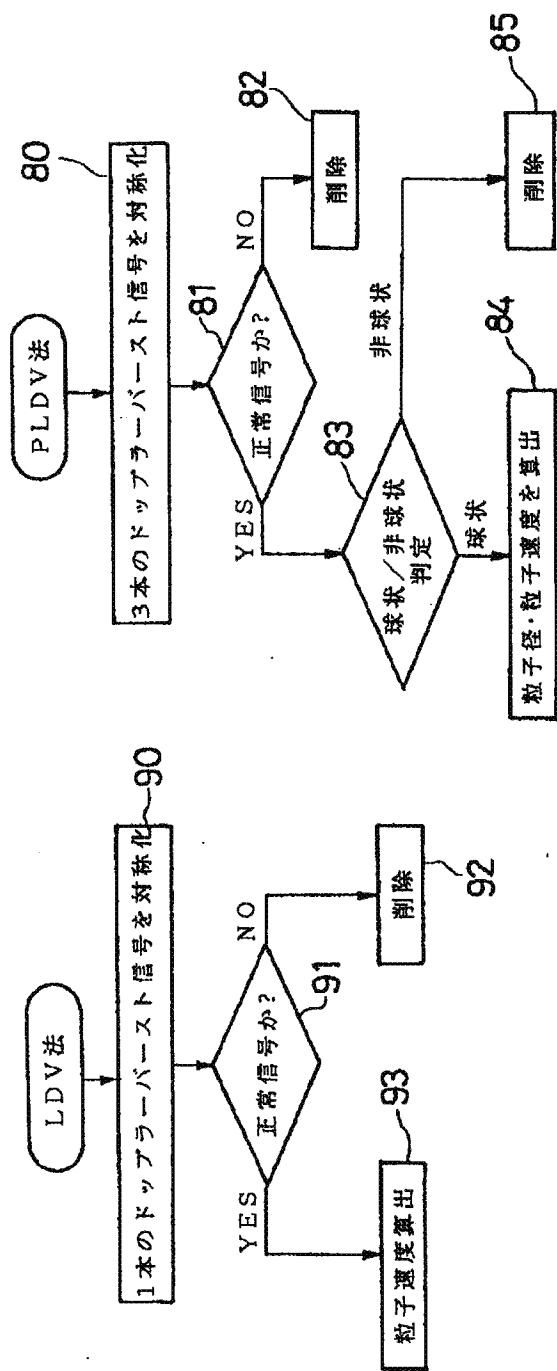


位相ズレと粒径の相関関係

【図6】



【図11】



[図12]

